

ВЛИЯНИЕ СТЕПЕНИ ОКУЛЬТУРЕННОСТИ ПОЧВЫ И УДОБРЕНИЙ НА УСТОЙЧИВОСТЬ УРОЖАЕВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

А.А. Коваленко, к.с.-х.н., С.Н. Трофимов, к.с.-х.н., К.П. Хайдуков, к.б.н., ВНИИА

Рассмотрено влияние степени окультуренности почвы и удобрений на устойчивость урожая культур полевых севооборотов в разные по метеорологическим условиям годы на дерново-подзолистой почве Нечерноземной зоны.

Ключевые слова: степень окультуренности почвы, система удобрения, вариabельность урожая, размах варьирования, севооборот.

Нечерноземная зона возделывания сельскохозяйственных культур характеризуется большим разнообразием метеорологических условий. В этой связи продуктивность растений по годам существенно различается. Повышению устойчивости урожаев способствует, наряду с рациональной обработкой почвы, соблюдением севооборотов, сортовым составом культур, защитой посевов от сорной растительности, вредителей и болезней, а также окультуриванием полей, и научно обоснованная система применения удобрений.

Цель наших исследований – определить влияние степени окультуренности дерново-подзолистой почвы и удобрений на устойчивость урожаев сельскохозяйственных культур в разные по метеорологическим условиям годы.

Методика. Использованы результаты фрагментов трех стационарных полевых опытов, проводившихся на Центральной опытной станции ВИУА (Московская обл., Домодедовский р-н) с 1975 по 1990 гг. на почвах низкой, средней и высокой степени окультуренности, различающихся в первую очередь по содержанию подвижного фосфора (табл. 1).

Для исследования были взяты результаты учета урожайности зерновых культур, многолетних и однолетних трав, картофеля в течение двух ротаций (8-14 лет) севооборотов при разных системах удобрения на разных агрофонах окультуренности почвы [1-5].

1. Агрохимическая характеристика почвы в слое 0-20 см

Вариант опыта, система удобрения	Гумус, %	pH _{KCl}	H _r	S	P ₂ O ₅	K ₂ O
			мг-экв/100 г		мг/кг	
<i>Опыт СШ-1*</i>						
1. Са	1,49	5,3	2,3	10,7	31	108
2. Са+N ₇₇ K ₇₇	1,59	4,9	2,9	9,6	30	166
3. Са+N ₇₇ P ₆₉ K ₇₇	1,56	5,0	2,9	10,0	91	153
4. Са+N ₇₇ P ₆₉ K ₇₇ +5,7 т/га навоза	1,69	5,3	2,6	11,3	128	163
5. N ₇₇ P ₆₉ K ₇₇	1,61	4,2	4,5	8,6	82	162
6. Са+ N ₇₇ P ₆₉ K ₇₇ +11,4 т/га навоза	1,80	5,4	2,4	11,3	138	182
<i>Опыт СШ-8</i>						
Исходная	1,68	4,2	4,93	11,9	71	130
<i>Опыт СД-1</i>						
>>	1,62	5,9	1,43	18,3	190	126

*После завершения III ротации (среднее по 4-м полям)

При анализе экспериментального материала применяли метод дисперсионного анализа; при этом таблицу строили таким образом, чтобы годы шли как повторе-

ния и оценивались существенностью различий (НСР₀₅) как между годами, так и между вариантами [6].

В опытах использовали сорта: озимой пшеницы Мироновская 808, Мироновская 808 улучшенная, яровой пшеницы Радуга; ячменя Московский 121 и Носовский 9, овса Орел; вики посевной Льговская; картофеля Прикульский ранний, Лорх, Истринский; клевера Московский 1 и Темп.

В качестве удобрений и мелиорантов применяли: аммиачную селитру, суперфосфат гранулированный, калий хлористый, навоз КРС, известняковую муку.

Из 16 лет наблюдений относительно благоприятными для отдельных культур были 13, для большинства культур – 5 лет, а неблагоприятными для отдельных культур – 10 лет, для большинства – 3 года.

Вариabельность урожаев по годам определяли как разницу (размах варьирования) между наибольшим и минимальным значениями урожая в абсолютном и относительном (как отношение размаха варьирования к максимальному урожаю в %) выражениях.

В таблице 2 представлены данные об урожаях в опыте СШ-1, полученные в 3-й и 4-й ротациях севооборота (1975-1989 гг.) на слабоокультуренной дерново-подзолистой почве с низким исходным содержанием подвижного фосфора по вариантам, в которых в течение длительного времени не применяли фосфорное удобрение, а также с применением фосфорных удобрений и в вариантах, имеющих среднее содержание фосфатов.

При существенно различающемся уровне урожаев сена однолетних трав (викоовсяная смесь) по разным системам удобрения, варьирование урожаев в абсолютном значении было незначительным – 41,1-51,2 ц/га. Более существенные различия наблюдались в относительных величинах.

Наибольшая вариabельность урожая отмечена в контрольном варианте – 82,4% от максимального значения, несколько меньшая в варианте НК: 75,4%. Более значительная вариabельность снижалась (устойчивость урожаев повышалась) при применении фосфорного удобрения в составе НРК – до 64,2%, а также полного минерального удобрения с навозом – до 54,7 %. Положительного влияния извести не наблюдалось.

За две ротации зернопропашного севооборота средний урожай озимой пшеницы на контроле составил 22,6 ц/га, а при разных сочетаниях удобрений и извести – от 30 до 37 ц/га. Варьирование урожайности в вариантах с применением органоминеральной системы удобрения составляло от 25,9 до 27,3 ц/га. На контроле она была 36,8 ц/га и повышалась до 46,1 ц/га при применении азотно-калийного удобрения. В относительных величинах это составляло 82,5% на контроле, 80,4 в варианте НК и 60-54% при органоминеральной системе удобрения. В варианте НРК без извести вариabельность составляла около 60%, т.е. была на уровне варианта с органоминеральной системой.

Таким образом, достаточно отчетливо проявилось положительное действие фосфорного удобрения (около 30,6%) и извести (10%) на устойчивость урожаев при отсутствии стабилизирующего влияния азотно-калийного удобрения и навоза.

Аналогичная ситуация обстоит и с *озимой пшеницей* по клеверу, с той лишь разницей, что в последнем случае, наряду с положительным влиянием фосфора (13,2%) и извести (6%), наблюдалось незначительное действие навоза, повышающего устойчивость на 2,4-5,4%.

Влияние удобрений на стабильность урожаев *клевера* было менее определено, хотя все сочетания удобрений повысили устойчивость по сравнению с контролем.

Вместе с ростом урожайности *картофеля*, наблюдалось и увеличение его варьирования с 111 ц/га на контроле до 186-275 ц/га с разными сочетаниями удобрений,

а наибольшее варьирование было в вариантах с применением органоминеральной системы удобрения. При этом вариабельность повышалась от азотно-калийного удобрения на 13% и снижалась от полного минерального удобрения на 8-12%. Влияние навоза и извести на устойчивость урожая было незначительным.

С увеличением урожайности *ячменя* под влиянием удобрений повысился и размах варьирования. Однако вариабельность по разным вариантам находилась на близком уровне и составляла около 80-85%.

Овес в наименьшей степени проявлял нестабильность урожаев по годам. При этом наиболее устойчивые урожаи соответствовали контролю без удобрений. Наибольшей вариабельностью характеризовались урожаи по вариантам НК и NPK + навоз – до 43-46% от максимального уровня, при том, что на контроле она составляла около 27%.

2. Урожайность сельскохозяйственных культур и степень её устойчивости по годам на слабокультуренной почве. Опыт СШ-1, III и IV ротации севооборота

№ варианта	Викоовсяный пар, сено 1976, 1978, 1979, 1981, 1983, 1986 гг.		Озимая пшеница по пару 1975, 1977, 1979, 1982, 1984, 1986 гг.		Клевер 1-го г.п. 1976, 1978, 1980, 1981, 1983, 1987, 1989 гг.		Озимая пшеница по клеверу 1977, 1979, 1982, 1984, 1987, 1989 гг.		Картофель 1976, 1978, 1980, 1983, 1985, 1987 гг.		Ячмень 1976-1979, 1981, 1984, 1986, 1988 гг.		Овес 1977, 1980, 1982, 1985, 1987, 1989 гг.	
	Урожайность	Отклонение от максимума	Урожайность	Отклонение от максимума	Урожайность	Отклонение от максимума	Урожайность	Отклонение от максимума	Урожайность	Отклонение от максимума	Урожайность	Отклонение от максимума	Урожайность	Отклонение от максимума
	ц/га	%	ц/га	%	ц/га	%	ц/га	%	ц/га	%	ц/га	%	ц/га	%
1	32,5	82,4	22,6	82,5	44,0	61,9	19,1	68,5	90	70,3	18,0	82,6	16,8	26,9
2	45,4	75,4	30,3	80,4	51,6	46,2	26,7	70,3	141	83,4	27,1	77,6	21,9	44,7
3	59,7	64,2	32,5	49,8	62,1	57,0	38,1	57,1	184	75,2	36,2	85,6	29,6	33,2
4	72,9	54,7	36,6	50,1	65,1	52,3	40,8	51,7	226	75,5	36,3	82,7	32,8	43,3
5	65,1	51,1	31,6	59,8	47,7	57,5	35,4	63,1	181	76,1	35,5	81,7	28,6	38,5
6	69,2	56,4	36,8	54,2	68,7	53,2	41,2	54,7	240	73,2	36,4	81,6	30,7	46,0
НСР ₀₅ III	12,3		4,9		11,8		5,2		42		5,4		3,2	
НСР ₀₅ IV	10,8		-		11,3		4,4		55		7,8		4,9	

В опыте СШ-8 приведены данные за первую и частично вторую ротации севооборота (табл. 3). Почва

опытного участка дерново-подзолистая среднепылеватая суглинистая среднекультуренная.

3. Урожайность сельскохозяйственных культур и степень её устойчивости по годам на среднекультуренной почве. Опыт СШ-8. I и II ротации севооборота

Вариант (системы удобрения)	Многолетние травы 1-го г.п. 1975, 1976, 1983 гг.		Многолетние травы 2-го г.п. 1975 – 1977, 1983, 1984 гг.		Озимая пшеница по травам 1975 – 1977, 1983 – 1985 гг.		Картофель ранний 1976 – 1979, 1983 – 1985 гг.		Озимая пшеница по картофелю 1977, 1979, 1984, 1985 гг.		Картофель поздний 1978, 1979, 1985 гг.	
	Урожайность	Отклонение от максимума	Урожайность	Отклонение от максимума	Урожайность	Отклонение от максимума	Урожайность	Отклонение от максимума	Урожайность	Отклонение от максимума	Урожайность	Отклонение от максимума
	ц/га	%	ц/га	%	ц/га	%	ц/га	%	ц/га	%	ц/га	%
Са – без удобрений	93,8	16,0	66,7	45,1	44,5	52,3	107	61,5	43,4	64,2	184	32,4
Са + N ₉₃ K ₁₂₃	102,2	27,3	75,6	36,7	46,0	41,0	150	53,2	51,6	60,3	235	50,3
Са + N ₉₃ P ₉₀ K ₁₂₃	104,1	18,8	82,4	35,5	49,0	28,1	242	55,6	55,1	42,3	276	45,0
N ₉₃ P ₉₀ K ₁₂₃	98,4	40,2	73,9	46,1	47,2	21,3	234	58,6	54,5	47,5	273	45,3
Са + N ₉₃ P ₉₀ K ₁₂₃ + 5,7 т навоза	104,4	13,3	79,6	38,0	48,8	21,6	219	78,5	56,6	51,9	291	34,6
НСР ₀₅	-		-		-		48		3,4		39	

Примечание. Размах между вариантами урожаев многолетних трав, озимой пшеницы по травам статистически недостоверен.

Урожайность *многолетних трав 1-го г.п.* под влиянием удобрений увеличилась незначительно: с 94 до 98-104 ц/га. При этом варьирование по вариантам НК + Са и NPK без Са возрастало более существенно: с 16,7 ц/га на контроле до 31 и 47 ц/га или, соответственно, с 16 до 27 и 40%. Фосфорное удобрение повысило устойчивость урожая многолетних трав на 8,5%. Известкование

незначительно повысило урожай (на 6 ц/га), но увеличило его устойчивость (на 21,4%), кроме того стабилизации урожая (на 5,5%) способствовало и навозное удобрение.

На урожай *озимой пшеницы* по травам удобрения не оказывали существенного влияния и более значительно повысили урожайность по предшественнику картофеля

(на 8-13 ц/га). Варьирование урожая было незначительно, наибольшее на контроле: 27 ц/га, или 52,3% от максимального по травам и 29 ц/га, или 64,2% по картофелю.

Удобрения способствовали большей стабильности урожая. Азотно-калийное удобрение повысило устойчивость урожая на 11,3% по травам и на 4% по картофелю. Фосфорное удобрение повысило устойчивость урожая по травам на 13% и по картофелю на 18%. Известкование не оказывало положительного влияния по травам и незначительно (на 5,2%) повысило устойчивость урожая по картофелю. Навоз повысил устойчивость урожая по травам (на 6,5%) и снизил по картофелю (на 9,6%).

Урожайность *картофеля* и ее варьирование повысились при использовании удобрений. По раннему картофелю наибольшее варьирование наблюдалось на контроле (61,5%) и по варианту NPK + навоз (78,5%). При азотно-калийном и полном минеральном удобрении увеличилась устойчивость урожая раннего картофеля по сравнению с контролем. Преимущество сочетания NPK перед вариантом НК не обнаружено. Известкование незначительно (на 3%) повысило стабильность урожая раннего картофеля, а навозное удобрение увеличило вариабельность урожая.

Урожайность *позднего картофеля* по годам была более устойчивой как в абсолютных так и в относитель-

ных величинах. Наибольшая нестабильность наблюдалась в азотно-калийном варианте (более 50%). Фосфорное удобрение довольно существенно (на 40 ц/га, т.е. в пределах НСР₀₅) повысило урожайность позднего картофеля и увеличило (на 5%) его устойчивость как и внесение навоза (табл. 3).

В опыте СД-1 рассматривались данные об урожаях в полевом опыте на высококультурной дерново-подзолистой среднесуглинистой почве за две ротации четырехпольного севооборота при содержании подвижного фосфора 180-200 мг/кг (табл. 4).

Урожайность *сена трав* от внесения азотно-калийного удобрения повысилась в среднем на 8 ц/га. Использование фосфорного удобрения и навоза не вызвало заметного увеличения урожая. Варьирование урожая по годам составило по вариантам 54-59%.

Урожай *озимой пшеницы* заметно повысился (с 35,3 до 46,2 ц/га) от азотно-калийного удобрения, по другим сочетаниям удобрений последующего прироста не наблюдалось. Размах варьирования урожая был незначителен – 11-27 ц/га, наибольший на контроле. Азотно-калийное удобрение повысило устойчивость урожая на 33,7%. Фосфорное удобрение не оказывало положительного влияния, навоз снижал устойчивость. Вариабельность составляла 26-41%.

4. Урожайность сельскохозяйственных культур и степень её устойчивости по годам на высококультурной почве (опыт СД-1. I и II ротации севооборота)

Вариант опыта, система удобрения	Викоовсяный пар		Озимая пшеница		Ячмень		Картофель	
	Урожайность	Отклонение от максимума	Урожайность	Отклонение от максимума	Урожайность	Отклонение от максимума	Урожайность	Отклонение от максимума
	ц/га	%	ц/га	%	ц/га	%	ц/га	%
Са – без удобрений	45,7	58,1	35,5	54,1	25,4	47,0	197	57,4
Са + N ₉₃ K ₁₂₃	53,4	56,9	46,2	20,4	36,0	44,4	277	45,2
Са + N ₉₃ P ₉₀ K ₁₂₃	54,1	55,8	47,3	30,7	36,0	43,2	278	46,8
N ₉₃ P ₉₀ K ₁₂₃	56,4	59,1	47,9	26,3	36,9	44,1	286	45,0
Са + N ₉₃ P ₉₀ K ₁₂₃ + 5,7 т/га навоза	58,0	51,4	47,8	40,9	37,4	48,0	288	44,7
НСР ₀₅ I ротация	4,6	-	4,3	-	3,9	-	50	-
НСР ₀₅ II ротация	14,8	-	8,9	-	5,0	-	22	-

Примечание. Годы прохождения I ротации по всем культурам 1983-1986, II ротации 1987-1990.

Урожайность *ячменя* повысилась от внесения азотно-калийного удобрения с 25 до 36 ц/га. Дополнение фосфорного удобрения и навоза не вызвало заметного увеличения урожайности. Варьирование урожая составляло 17-23 ц/га, или 43-48%, наибольшим оно было на контроле и в варианте с навозом. Различия между вариантами не существенны.

Азотно-калийное удобрение повысило урожайность *картофеля* в среднем на 80 ц/га. Дальнейшее увеличение урожая по другим сочетаниям удобрений находилось в пределах ошибки опыта. Варьирование урожая по годам составляло 170-180 ц/га, или 45-57% от максимального. Существенных различий в степени устойчивости урожая не было.

На слабокультурной почве (20-30 мг/кг P₂O₅)

изучаемые системы удобрения повысили урожайность опытных культур. Азотно-калийное удобрение увеличило урожай викоовсяной смеси, клевера, озимой пшеницы, картофеля, ячменя и овса, фосфорное – сена однолетних трав, клевера, озимой пшеницы, картофеля, ячменя и овса. Навоз повысил урожай викоовсяной смеси, озимой пшеницы, картофеля и овса. Известь увеличила урожай сена клевера, озимой пшеницы по клеверу и викоовсу.

Устойчивость урожая культур севооборота повысилась при использовании фосфорного удобрения (около 10%), извести (2,7%) и навоза (1,1 и 5,8%). Азотно-калийное удобрение не способствовало повышению устойчивости продуктивности севооборота (табл. 5).

5. Устойчивость продуктивности севооборота на почве разной степени окультуренности, %

Степень окультуренности					
Низкая		Средняя		Высокая	
Вариант опыта	Вариабельность продуктивности	Вариант опыта	Вариабельность продуктивности	Вариант опыта	Вариабельность продуктивности
Ca – без удобрений	45,3	Ca – без удобрений	45,2	Ca – без удобрений	54,1
Ca + NK	46,4	Ca + NK	44,8	Ca + NK	41,7
Ca + NPK	40,8	Ca + NPK	37,6	Ca + NP ₁ K	44,1
NPK	42,9	NPK	43,2	Ca + NP ₂ K	43,6
Ca + NPK + 1 доза навоза	39,7	Ca + NPK+H	39,6	Ca + NP ₁ K+H	46,2
Ca + NPK + 2 дозы навоза	35,0				

В севообороте на среднеокультуренной почве (60-80 мг/кг P₂O₅) азотно-калийное удобрение повысило урожайность опытных культур, но не оказало существенного влияния на устойчивость продуктивности. Фосфорное удобрение повысило устойчивость картофеля и озимой пшеницы и увеличило устойчивость продуктивности севооборота на 7,2%. Известь повысила урожайность многолетних трав и озимой пшеницы и незначительно (на 5,6%) устойчивость продуктивности севооборота.

На высокоокультуренной почве (180-200 мг/кг P₂O₅) азотно-калийное удобрение увеличило урожайность опытных культур и повысило устойчивость продуктивности севооборота на 12,4%. Фосфорное удобрение и навоз не увеличили урожайность культур и не способствовали устойчивости продуктивности севооборота.

Заключение. При разработке системы удобрения сельскохозяйственных культур следует учитывать не только степень окультуренности почвы, но и влияние отдельных видов удобрения на урожай и его устойчивость к неблагоприятным условиям погоды.

На слабоокультуренной почве урожайность зерновых культур, картофеля и трав повышалась, как правило, от применения минеральных удобрений (азотно-калийного, фосфорного), навоза и извести. Устойчивость урожая повышалась при использовании фосфорного удобрения, навоза и извести.

На среднеокультуренной почве азотно-калийное и фосфорное удобрение повысило урожайность зерновых культур и картофеля. Известкование увеличило урожайность многолетних трав и озимой пшеницы. Навоз в сочетании с полным минеральным удобрением не оказывал положительного влияния на урожай. Устойчивость урожая повысилась от применения фосфорного удобрения и извести.

На высокоокультуренной почве урожайность зерновых культур, картофеля и однолетних трав и устойчивость урожая повысились от применения азотно-калийного удобрения.

Устойчивости урожая следует уделять внимание еще и потому, что в Нечерноземной зоне довольно часты годы с неблагоприятными условиями для возделывания сельскохозяйственных культур. С 1975 по 1990 гг. 10 лет из 16 были неблагоприятными для возделывания отдельных культур, а 1981, 1983 и 1990 гг. – для большинства культур.

Результаты анализируемых опытов согласуются с известными положениями, что фосфор способствует

повышению холодостойкости, повышает зимостойкость. Под влиянием фосфорных удобрений усиливаются рост и ветвление корней, вследствие чего растения лучше используют влагу и питательные вещества. Улучшению поглощения фосфора растениями способствуют известкование и внесение органических удобрений [7, 8].

Многолетние опыты научных учреждений Геосети Нечерноземной зоны показывают, что на высокоокультуренной почве при обычных дозах внесения органических и минеральных удобрений в зависимости от состояния почвы урожайность колебалась меньше, чем на слабоокультуренной.

Литература

1. Кузнецова З.А., Фетисова Н.Ф. Влияние различных систем удобрения на урожай культур полевого севооборота и плодородие дерново-подзолистой слабоокультуренной почвы // В сб.: Научные труды ВАСХ-НИЛ. Влияние длительного применения удобрений на плодородие почвы и продуктивность севооборотов. – М.: Колос, 1980. – С. 106-126.
2. Ефимова А.С., Золотарев В.П., Балакина Н.И., Човжик В.П., Тищенко А.Г. Влияние различных систем удобрения на урожай полевых культур, продуктивность севооборота и плодородие дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почвы. Там-же. – С. 81-105.
3. Минеев В.Г., Човжик А.Д., Коваленко А.А., Трофимов С.Н. Влияние минеральной и органоминеральной систем удобрения на урожай и качество культур полевого севооборота на окультуренной дерново-подзолистой почве // Агрохимия. – 1988. – №6. – С. 3.
4. Минеев В.Г., Коваленко А.А., Ваулин А.В., Афанасьев Р.А. Влияние фосфорных удобрений на агрохимические свойства дерново-подзолистой почвы и урожайность сельскохозяйственных культур // Агрохимия. – 2009. – №10. – С. 3-10.
5. Минеев В.Г., Коваленко А.А., Ваулин А.В., Афанасьев Р.А. Влияние фосфатных агрофонов на эффективность удобрений и продуктивность культур полевого севооборота на дерново-подзолистой почве // Агрохимия. – 2009. – №11. – С. 22-32.
6. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – С. 245-248.
7. Панников В.Д. О высокой культуре земледелия. – М., 2003. – С. 88-90.
8. Сычев В.Г., Шафран С.А. Агрохимические свойства почв и эффективность минеральных удобрений. – М.: ВНИИА, 2013. – 296 с.

EFFECT OF THE DEGREE OF SOIL CULTIVATION AND FERTILIZERS ON THE STABILITY OF CROP YIELDS

A.A. Kovalenko, S.N. Trofimov, K.P. Khaidukov
 Pryanishnikov All-Russian Research Institute of Agrochemistry,
 ul. Pryanishnikova 31a, Moscow, 127550 Russia

The effect of the degree of soil cultivation and fertilizers on the stability of crop yields in a field crop rotation on soddy-podzolic soil in the Nonchernozemic zone under different weather conditions has been examined.

Keywords: degree of soil cultivation, fertilizing system, yield variability, variation range, crop rotation.